جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره بیست و دوم، تابستان ۱۳۹۶

صص ۱۶-۱

DOI: 10.22067/geo.v6i1.46291

ارزیابی مخاطرات محیطی و مورفوژنز فعال در جاده کرج - چالوس (تا تونل کندوان)

سیاوش شایان[1]- دانشیار جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

عبادالله قلیچی- دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی ، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

مجتبی یمانی- استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۹ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱۱/۱۳

چکیده

جاده کرج - چالوس در شمال و شمال غرب استان تهران از واحدهای توپوگرافی و ژئومورفولوژیک متنوعی عبور می‌کند که آگاهی از ویژگی‌های هر یک از این واحدها و شناخت عوامل مورفوژنز و مورفودینامیک فعال و ارزیابی مخاطرات محیطی جاده‌ای در آن‌ها، هدف اصلی این تحقیق است. به دلیل انرژی زیاد توپوگرافی (اختلاف ارتفاع نسبتاً زیاد با شیب تند، جهت دامنه‌ها به دلیل برف‌گیر بودن) وجود این اختلاف روند مورفوژنز و مورفودینامیک را تضمین می‌کند، در نتیجه فرایندهای فرسایشی از پتانسیل‌های بالایی برخوردارند. براساس مطالعات و پیمایش‌های میدانی و نتایج به دست آمده از این تحقیق، فعالیت‌های زیاد نیروهای تکتونیکی (براساس شاخص تکتونیکی و مدل مک فادن و بول ۳ ٪) در منطقه و چین‌ها همراه با گسل‌ها، فرسایش آبراهه‌ای و رودخانه‌ای (شستشو)، حرکات دامنه‌ای نظیر ریزش، جریانات واریزه‌ای، لغزش، بهمن‌های برفی و سنگی، کریوکلاستی، مورفوژنز انسانی و هوازدگی مکانیکی و هوازدگی شیمیایی همراه با یخبندان براساس مدل پلتیر، از عمده‌ترین عوامل ژئومورفولوژیک شناخته شده در طول مسیر جاده مورد مطالعه می‌باشند. همچنین پهنه‌های مخاطرات طبیعی منطقه مورد مطالعه با استفاده از لایه‌های (توپوگرافی، شیب، هوازدگی، آبراهه، گسل، لیتولوژی، حرکات دامنه‌ای، کاربری اراضی و جاده) و براساس تکنیک منطق فازی در محیط GIS به دست آمده است که براین اساس پهنه‌های پر خطر منطبق بر دره‌ها و محور کرج - چالوس است. نتایج تحقیق، ضرورت درک و آگاهی بیشتر و منطقی از فرایندهای ژئومورفولوژیک منطقه را نشان می‌دهد. بنابراین قبل از هرگونه اقدام و فعالیت‌های عمرانی در مسیر جاده، برنامه‌های مربوط به آمایش سرزمین لازم است، بر مبنای شاخص‌های ژئومورفیک لحاظ شوند.

کلیدواژه‌ها: ژئومورفولوژی کاربردی، حمل‌ونقل جاده‌ای، کریوکلاستی، مورفوژنز انسانی

---

[1] نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۲۴۸۵۶۴۶۷ Email: shayan314@yahoo.com

۱. مقدمه

مطالعه فرایندهای فعال ژئومورفولوژیک در بسیاری از فعالیت‌های مهندسی مربوط به احداث جاده‌ها، سدها، ساختمان‌ها و پل‌ها اهمیت اساسی دارد. این‌گونه سازه‌ها باید در مکانی بنا شوند که زمین به قدر کافی پایدار باشد، یا تدابیر راهبردی لازم از قبل اندیشیده شود. نقاط ضعف راه‌ها را می‌توان به گروه‌هایی همچون اقلیمی (لغزندگی، در معرض باد و طوفان، در معرض مه بودن و...، ژئومورفولوژیکی (ریزش‌ها، لغزش‌ها، مأندرها و ...)، توپوگرافی (شیب، جهت شیب، ارتفاع و ...)، زمین‌شناسی (زلزله‌ها، گسل‌ها و...) و هیدرولوژیکی (سیلاب‌ها، بارش‌های رگباری، فرسایش و ...) طبقه‌بندی و مورد مطالعه قرار داد (باقدم،۱۳۸۳). ایجاد شبکه‌های ارتباطی زمینی، خواه ناخواه در دینامیک محیط طبیعی، دگرگونی‌های به وجود می‌آورد. درصورتی‌که این دگرگونی‌ها از یک آستانه معین تجاوز نماید، به مختل شدن تعادل محیط می‌انجامد که پیامدهای اقتصادی و اجتماعی آن بسیار ناگوار خواهد بود (رجائی،۱۳۸۲). زمانی که در اثر توسعه و ترمیم شبکه‌های ارتباطی، چندین کیلومتر از جاده‌ها، راه‌های شوسه و آهن از واحدهای گوناگون طبیعی عبور می‌کنند، در اثر برخورد آن‌ها رخداد پدیده‌های ژئومورفولوژیک افزایش می‌یابد (کوا و کانگو،۲۰۰۴). ازاین‌رو شبکه‌های ارتباطی پس از ساخت بیشتر از هر چیز به‌وسیله مخاطرات ژئومورفولوژیک مانند حرکات توده‌ای، زمین‌لغزش و پیدایش خندق‌ها از یکسو و فعالیت‌های انسانی (از قبیل پای دامنه با احداث جاده)، از سوی دیگر موجب بروز این حوادث می‌شوند، (بهاتارای، ۲۰۰۴). در منطقه مورد مطالعه، فرایندهای دامنه‌ای از تنوع بیشتری برخوردارند. بی توجهی به حرکات دامنه‌ای مانند ریزش سنگ‌ها، لغزش و بهمن و محاسبه دقیق شیب بریدگی‌ها گاهی می‌تواند خسارات فراوان به بار آورد. فعالیت‌های مهندسی بر روی زمین اگر بدون آگاهی و شناخت فرایندهای مورفوژنیک و مورفودینامیک انجام شود، ممکن است به برهم زدن تعادل مورفولوژیک منطقه منجر شود. ایجاد ترانشه‌ها، تغییر وزن حاصل از خاکبرداری و خاکریزی ها، از بین بردن پوشش گیاهی دامنه‌ها و غیره از جمله اقدامات مربوط به مهندسی راه‌سازی هستند که به هنگام احداث راه‌ها یا تعرض آن‌ها موجبات ناپایداری دامنه‌ها را فراهم می‌آورند و بر خود پروژه و عملیاتی و ساخت‌وسازهای اطراف جاده خسارت وارد می‌کند. ناهمواری‌هایی که با عوامل مورفولوژیکی پیوند ناگسستنی دارند، عامل مهمی در پایداری و کیفیت استقرار جاده‌ها می‌باشند. انتخاب تونل‌ها، بهمن‌گیرها، حداکثر شیب مجاز، حداقل پیچ‌وخم‌های جاده با مطالعه ویژگی‌های ژئومورفولوژیک، لیتولوژیک و زمین‌شناسی صورت می‌گیرد (بلادپس،۱۳۸۷). درک فرایندهای ژئومورفولوژیک برای طراحی جاده‌ها در محیط‌های ناپایدار امری بسیار ضروری است (هورن[1] و همکاران، ۲۰۰۰). زیرا اکثر خطراتی که فعالیت عمرانی مهندسی را مورد تهدید قرار می‌دهند، منشأ ژئومورفولوژیک دارند. این مخاطرات ضریب اطمینان جاده‌ها را کاهش داده و سبب ایجاد اختلال در امر ترافیک می شوند و گاهی اوقات علاوه بر خسارات مالی، تلفات

1 Hearn

جانی نیز به همراه دارند، (بیلفرد[1]و همکاران، ۲۰۰۳). برای مثال می‌توان به تخریب بخش بزرگی از جادهٔ چالوس و هراز در شمال ایران در اثر زمین لرزه‌ای ۵/۵ ریشتری (۶/۲ ریشتری به نقل از منابع خارجی) در ۸ خرداد ۱۳۸۳ اشاره نمود، که علاوه بر خسارات جانی و مالی فراوان به بسته شدن چندین ماهه جادهٔ چالوس منجر شد، پدیده‌ای که با مطالعات ژئومورفولوژیکی و شناسایی مناطق آسیب‌پذیر، امکان کاهش خسارات وجود داشت (بی‌نام،۱۳۸۳: ۱). لذا آگاهی از ویژگی‌های مورفوژنز و مورفودینامیک به‌ویژه مسیر جاده مورد تحقیق قبل از کار روی زمین بسیار ضروری است.

اثرات مخاطرات و ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی بر تأسیسات و سازه‌های انسانی (ساختمان، جاده‌ها، پل‌ها و...) و بلعکس در محیط‌های گوناگون به‌وسیله ژئوورفولوژیست‌ها، مهندسان، زمین شناسان و جغرافیدانان بررسی شده است. برای مثال، تاکنت[2]و همکاران، (۲۰۱۲) در اثر خود تحت عنوان، تجزیه‌وتحلیل اهمیت شبکه‌های جاده‌ای در معرض مخاطرات طبیعی، بیان می‌کند که جاده‌های نواحی کوهستانی در معرض خطرات طبیعی مانند بهمن برف، سیل و راک فال هستند. کیلر[3] و همکاران، (۲۰۱۰) در مقاله‌ای اثرات تغییر اقلیم روی بارش، دما، پوشش یخچالی و پرمافرست، و نتایج این تغییرات که با توجه به شدت و تکرار شان باعث ناپایداری سطح زمین و ایجاد خطرات طبیعی در نواحی کوهستانی شامل؛ سنگ افت، جریان‌های واریزه‌ای، لندا سلاید، بهمن و سیل می شود و همچنین اثرات آن‌ها روی زیرساخت‌ها و فعالیت‌های اجتماعی – اقتصادی و فرهنگی در مناطق کوهستانی، را بررسی نمودند. شیرزادی، (۱۳۶۸) پهنه بندی خطر حرکت‌های توده‌ای ریزش سنگ (در طول جاده‌های کوهستانی با استفاده از ارائه مدل منطقه‌ای (مطالعه موردی؛ کردستان گردنه صلوات آباد. مختاری، (۱۳۸۱) عوامل ژئومورفولوژیکی فعال در مسیر آزاد راه تبریز – مرند و راه‌های مقابله با آن. باقدم و همکاران، (۱۳۸۲) در پژوهشی تحت عنوان ارزیابی ایمنی جاده‌ای با رویکرد مخاطرات محیطی مطالعه موردی مسیر سنندج – مریوان با استفاده از GIS به تحقیق پرداختند، نتایج این تحقیق حاکی از این بود که حرکات دامنه‌ای به لحاظ اثر گذاری بر جاده و وقوع ناگهانی آن و فعالیت در طول تمام سال، از مهم‌ترین پارامترهای خطرساز و تهدیدکننده ایمنی جاده مورد نظر محسوب می‌شوند؛ و به لحاظ وجود ساختارهای زمین شناسی با حساسیت بسیار زیاد و نفوذپذیر، وجود گسل‌های متعدد، ساختار توپوگرافیک کوهستانی با شیب‌های تند، فعالیت‌های انسانی از جمله تغییر کاربری دامنه‌ها و ایجاد خود جاده از عوامل اساسی خطر حرکات دامنه‌ای در طول مسیر می‌باشد. جعفرخالو، (۱۳۸۴) در تحقیقی به پهنه بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها در محدوده (چالوس حدفا صل کرج – گچ سر) پرداخت در این تحقیق پهنه بندی لغزش با استفاده از پنج عامل، لیتولوژی (نقش واحدهای سنگی)، فاصله از گسل (به تفکیک عملکرد هر گسل)، تراکم

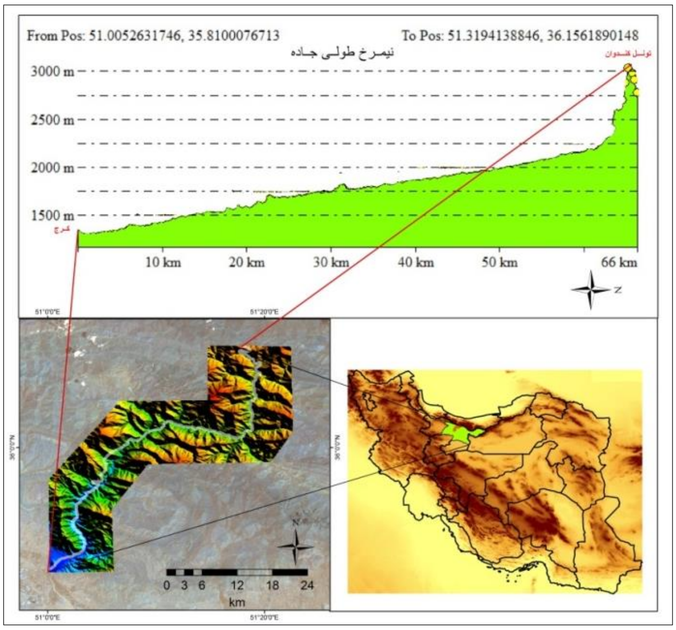
1 Baillifard
2 Tacnet
3 keiler

زهکشی، شیب، پوشش گیاهی و روش آماری کریجینگ به‌عنوان الگوی محاسبات و روش تحلیل خوشه‌ای مورد ارزیابی قرارگرفت. ایشان در این پژوهش به این نتیجه رسیدند که نقشهٔ پهنه بندی تهیه شده از این روش، با دقت بالایی مناطق مستعد خطر ناپایداری دامنه‌ها را متمایز نموده است. برنا و همکاران، (۱۳۸۴) به تحقیق راجع به شرایط آب و هوایی مؤثر بر ایمنی حمل‌ونقل جاده‌ای در محور کرج – چالوس پرداختند، نتایج این تحقیق نشان داد حداکثر فراوانی تصادفات در هنگام یخبندان و ریزش باران در مقاطعی از محور کرج – چالوس اتفاق افتاده است، که دارای بیشترین و خطرناک‌ترین پیچ‌ها و شیب می‌باشد. همچنین افراد دیگری مانند؛ قاضی پور و همکاران، (۱۳۸۵) با استفاده از نظریه مخروط افت در ارزیابی خطر سنگ ریزش در مسیر جاده چالوس (پل زنگوله مرزن آباد)، کوشکی، (۱۳۸۵) مخاطرات محیطی جاده خرم آباد – پلدختر با تأکید بر ژئومورفولوژی، فرج زاده و همکاران، (۱۳۸۹) تحلیل فضایی تصادفات جاده‌ای با رویکرد مخاطرات اقلیمی مطالعه موردی: جاده کرج – چالوس به تحقیق پرداختند. در بین مطالعات صورت گرفته فوق در زمینهٔ تحقیق مورد نظر، پژوهش‌های چندانی صورت نگرفته است و در مطالعات مرتبط نیز به طور جزئی و گذرا به این مقوله پرداخته شده است، لذا باتوجه به اهمیتی که راه‌های ارتباطی در بهبود و پیشرفت وضعیت اقتصادی، فرهنگی، اجتماعی و سیاسی کشورها دارند، شناخت و درک ویژگی‌های ژئومورفولوژی و مخاطرات طبیعی در این ناحیه می‌تواند به مهندسین، مدیران و مسئولان مربوطه در راستای کاهش، کنترل و پیشگیری از مخاطرات و فاجعه‌های جانی و مالی ناشی از آن کمک کند. به همین جهت هدف از تحقیق فوق تعیین و ارزیابی عوامل مورفودینامیک و مورفوژنز فعال در منطقه و پهنه بندی مخاطرات محیطی ناشی از آن می‌باشد.

۲. منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این تحقیق، منطقه‌ای در حدفاصل شهرستان کرج تا تونل کندوان، یعنی بخشی از جاده اصلی کرج – چالوس می‌باشد، که یکی از مهم‌ترین و عمده‌ترین محورهای مواصلاتی ایران در شمال و شمال غرب استان تهران است. این محدوده مورد بین طول‌های جغرافیای ۵۱ تا ۵۱ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی واقع شده است.

به‌جز در مسیر رودخانه، آبراهه‌های اصلی و بخش کمی در جنوب، پوشش گیاهی قابل توجهی در سطح منطقه مشاهده نمی شود. روند غالب در این ناحیه، به موازات رشته کوه البرز، شرقی – غربی است. از نظر تقسیم بندی ساختاری، منطقه مورد مطالعه بخشی از البرز مرکزی بشمار می‌آید. بنابراین منطقه تحت تأثیر پدیده‌های متنوع و پیچیده زمین شناختی البرز است، شکل ۱ موقعیت و نیمرخ طولی منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۱ نقشه موقعیت جغرافیایی و نیمرخ طولی منطقه

۳. مواد و روشها

– بررســی منابع و یافته‌های علمی در زمینه تحقیق از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، اینترنت و مطالعه تحقیق‌های انجام گرفته در زمینه موضوع مورد نظر در سایر مناطق.

– نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ چهار برگه کرج، آ سارا، گاجره و تجریش از سازمان جغرافیایی (برای تهیه نقشه شیب و جهت شیب)

– نقشه‌های زمین شناسی۱:۱۰۰۰۰۰ دو برگه مرزن آباد و تهران از سازمان زمین‌شناسی (برای تهیهٔ نقشه پیرامون گسل‌ها و سازندهای مختلف).

– تصاویر ماهواره‌ای IRS – P5 سال ۲۰۱۰، +ETM سال ۲۰۰۵ و همچنین از تصاویر Google Earth جهت ثبت داده‌های میدانی، تهیه نقشه کاربری اراضی و نقشهٔ تراکم پوشش گیاهی و استخراج عوارض مورفولوژیک استفاده شده است.

– داده‌های اقلیمی (دما و بارش) ایســتگاه‌های هواشــناســی منطقه (برای تهیهٔ پهنه‌های هوازدگی براســاس مدل پلتیر).

– پیمایش‌های میدانی: مشــاهده و بررســی لندفرم‌ها و پدیده‌های ژئومورفولوژیک منطقه و مقایســه با اطلاعات موجود در عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و تطبیق این اطلاعات با نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی منطقه و درنهایت کنترل و شناسایی لندفرم‌ها برای تهیهٔ نقشهٔ ژئومورفولوژی و پهنه بندی مخاطرات طبیعی منطقه.

– نرم‌افزار Arc GIS9.3,Arc GIS10, Erdas 9.1,Global Mapper 13 : اطلاعات نقشـــه های توپوگرافی و زمین شنا سی و ت صاویر ماهواره‌ای P5 به‌عنوان اطلاعات پایه منطقه وارد نرم افزار Arc GIS9.3, , Arc GIS10و Erdas 9.1 وGlobal Mapper 13 شـده بعد از تعریف زمین مرجع و سیستم مختصات آن‌ها، لایه‌های مورد نیاز رقومی گردیده و نقشـه و نیمرخ‌های مربوط ترسـیم گردید و اندازه گیری‌های لازم برای محاسـبه شـاخص‌های ژئومورفیک انجام گرفت. و نرم افزارENVI : از این نرم افزار برای سه بعدی کردن تصاویر ماهواره‌ای منطقه و تهیه تصاویر مورد استفاده قرار گرفت.

– نرم افزارEdraw Max 6.7 Photoshop : در راستای ترمیم و آماده سازی تصاویر مورد استفاده قرار گرفتند.

– نرم افزارExcel, Spss : داده های اقلیمی منط قه مورد م طال عه (د ما و بارش) در محیط نرم‌افزار ها مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت و نقشه‌های مربوطه ترسیم گردید. همچنین روابط ریاضی و فرمول‌ها و مدل‌های تجربی از عمده‌ترین ابزارهای مفهومی پژوهش محســوب می‌گردند. با اســتفاده از این روابط، داده‌ها و کمیت‌ها طبقه‌بندی شده و مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته است.

– ابزارهای مورد اسـتفاده در حین پیفروراندگی و ایجاد گیلوئی ها و بیرون‌زدگی‌های سـنگی که هریک از این عوامل می‌توانند در ایجاد شکستگی شیب، مانعی برای تجمع برف و... مؤثر باشد. ۲)– همچنین گسل‌های منطقه که از نظر تکتونیکی از مناطق حـساس و متحرک پو سته زمین محـسوب می شوند، با هرگونه حرکت و لرزش احتمال می‌تواند موجب حرکات دامنه‌ای و... بخصوص در مناطق پرشیب گردد (جمشیدی،۱۳۷۵). چین‌ها به همراه گسل‌ها از ساختارهای رایج در محدوده مورد مطالعه می‌با شند، که غالباً این چین‌ها همراه با گ سل‌ها م شاهده می شوند. ناودیس وارنگه و گسل مشاء – فشم مهم‌ترین چین‌خوردگی و گسل منطقه مورد مطالعه به حساب می‌آیند.

ارزیابی وضعیت منطقه از نظر فعالیت‌های تکتونیکی از طریق شاخص‌های ژئومورفولوژیکی زیر انجام گرفته است:

شاخص‌های پهنای کف دره به عمق آن

از شاخص‌های معتبر ارزیابی نحوه فعالیت‌های تکتونیکی، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع از ستیغ سمت راست و سمت چپ دره محاسبه می‌شود، که توسط مک فادن و بول (۱۹۸۵) پیشنهاد شده است (پلادپس،۱۳۸۶). مقدار VF کمتر از یک نشــانگر فعالیت تکتونیکی منطقه و اگر VF بین ۱و ۲ باشــد، گویایی نســبتاً فعال و بزرگ‌تر از ۲، عدم فعالیت‌های زمین ساختی منطقه است. رابطه پیشنهادی بول و مک فادن به شکل زیر است (شکل۴).

$$\mathrm{VF} = \frac{2\mathrm{vfw}}{(Eid - Esc) + (Erd - Esc)}$$

VF= پهنای دره با ارتفاع دامنه

VFW = پهنای کف دره

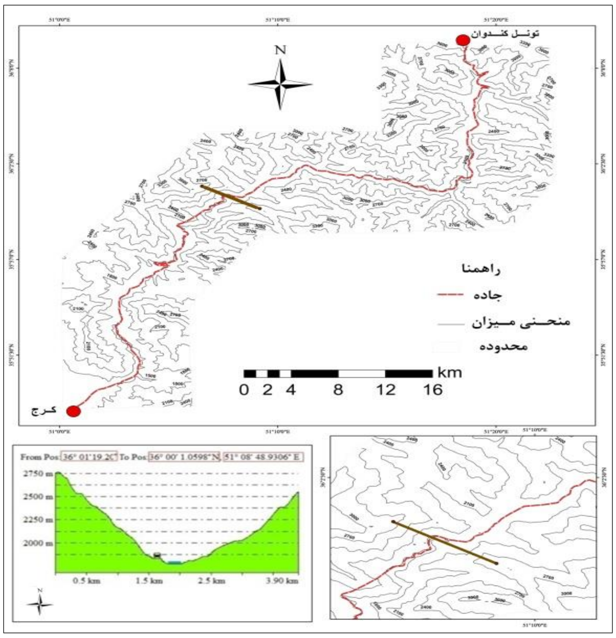
Erd = ارتفاع از ستیغ سمت راست دره

Eid = ارتفاع از ستیغ سمت چپ دره

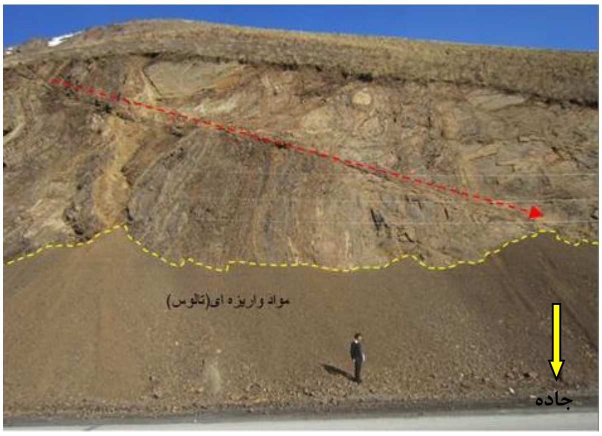
Esc = ارتفاع کف دره از سطح ژئویید

با ا ستفاده از نق شه‌ای ۱:۵۰۰۰۰ و تهیه نیمرخ‌های توپوگرافی از ستیغ‌های سمت را ست و چپ دره و شاخص VF=۰/۳ نشـــانگر فعالیت‌های زیاد نیروهای تکتونیکی در منطقه اســـت، به دلیل انرژی زیاد توپوگرافی، نیروهای مورفودینامیک بسیار فعال بوده، در نتیجه در فرسایش خطی کف و کناره دره باعث ناپایداری دامنه و ریزش سنگ‌ها بخصوص جریانات واریزه‌ای مشرف به جاده می‌شوند (شکل۵).

$$VF = \frac{2(300)}{(2750-1760)+(2550-1760)} \rightarrow VF = \frac{600}{(990)+(790)} = \frac{600}{1780} \rightarrow VF = {\cdot}/3$$



شکل ۴ شاخص نسبت پهنای دره به ارتفاع دامنه



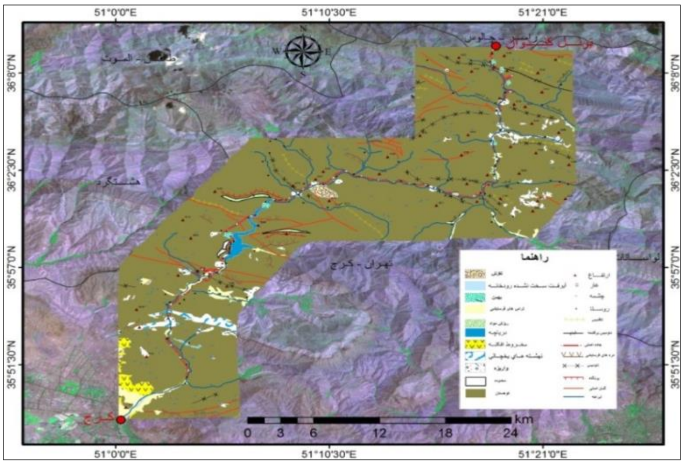
شکل ۵ گسل‌های فرعی به همراه واریزه‌های وسیع (چالوس) پائین‌تر از کندوان

۴. بحث و نتایج

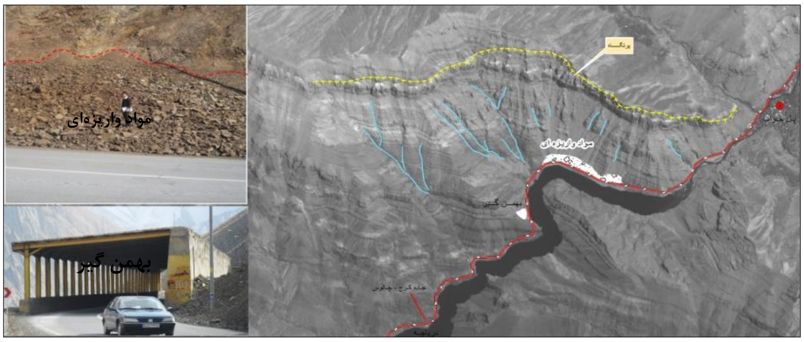
۴. ۱. مخاطرات محیطی و ژئومورفولوژیکی تهدیدکننده جاده‌ها

حرکات دامنه‌ای

حرکات دامنه‌ای معمولاً حاصل برهم خوردن شرایط تعادلی دامنه‌ها در نتیجه دخالت نیروهای طبیعی و یا انسانی می‌باشد. با توجه به شرایط خاص مکانی منطقه مورد مطالعه از نظر ساختارهای زمین‌شناسی، و توپوگرافی (ارتفاع، شیب، جهت دامنه)، پوشش گیاهی، اقلیمی، ژئومورفولوژیکی تهدیدکننده جاده‌ها از تنوع بسیار زیادی برخوردار است. از جمله جریانات واریزه‌ای، ریزش، واژگونی تخته‌سنگ‌ها و سنگ افت، شستشو، کریوکلاستی، بهمن برفی و لغزش از فرایندهای هستند، که در مسیر، جاده مورد پژوهش را تهدید می‌کنند. از این حرکات دامنه‌ای جریانات واریزه‌ای از گسترش زیادی برخوردارند، و خطر آن در بیشتر دامنه‌ها به‌عنوان شاخص مهمی از ناپایداری دامنه‌های سنگی نقش مؤثری در مورفولوژی منطقه دارند، و در کنار بهمن‌های برفی (فصل سرد سال)، نسبت به سایر فرایندهای دامنه‌ای دارای پتانسیل بالایی هستند. از عوامل اصلی به وجود آورنده واریزه‌ها؛ ارتفاع، لیتولوژی، اقلیم و مورفوژنز آنتروپوژنیک قابل توجه می‌باشد. در پای پرتگاه‌های تند گسلی و آبراهه‌ای منطقه، مخروط‌های واریزه‌ای تیپیک فعال بخش وسیعی از دامنه‌ها را پوشانده‌اند. علت اصلی این مسئله نفوذ آب‌ها و اثر فرایند یخبندان و ذوب یخ در درز و شکاف‌های زمین ساختی و مکانیکی می‌باشد. گاهی این پدیده‌ها با سقوط تخته سنگ‌های بزرگ همراه است، و برای رهگذران خطرآفرین می شوند. خرده ریزه سنگ‌های که در سطح دامنه‌ها ظاهراً به حالت پایدار باقی مانده‌اند نیز ریزش می‌کنند و در مسیر محورهای ارتباطی خطرآفرین می شود. در سقوط این سنگ ریزه‌ها اغلب پدیده سوزن‌های یخی یا پیپ کراک نیز نقش دارد. صورت فراوان آن در دیواره میانی البرز و در اوقات روز فصل سرد دیده می شوند (علائی طالقانی،۱۳۸۸). بنابراین جریانات واریزه‌ای در نواحی کوهستانی که تحت تأثیر فرآیند یخ شکافتگی (کریوکلاستی) قرار دارند محدودیت‌های را برای امور راهداری ایجاد می‌کنند، (اشکال ۶ تا ۸ نمونه‌ای از فرایندهای فعال شکل زائی در دامنه‌ها را نشان می‌دهد).



شکل ۶ نقشه ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه



شکل ۷ فرایندهای دامنه‌ای فعال (واریزه‌ها، بهمن، شستشو، ریزش و...)



شکل ۸ الف: موادتخریبی (واریزه‌ای) ناشی از نفوذ آب و فرآیند انجماد و ذوب یخ در درز و شکاف‌ها ب: هوازدگی وتخریب مکانیکی پرتگاه (گیلوئی) و لایۀ سخت مسلط به لایه‌های سست وفرسایش لایۀ سست توسط هرز آب‌ها و حرکت و سقوط مواد و سنگ‌های دامنه‌ای به سمت جاده (غرب پل خواب)

۴. ۲. هوازدگی

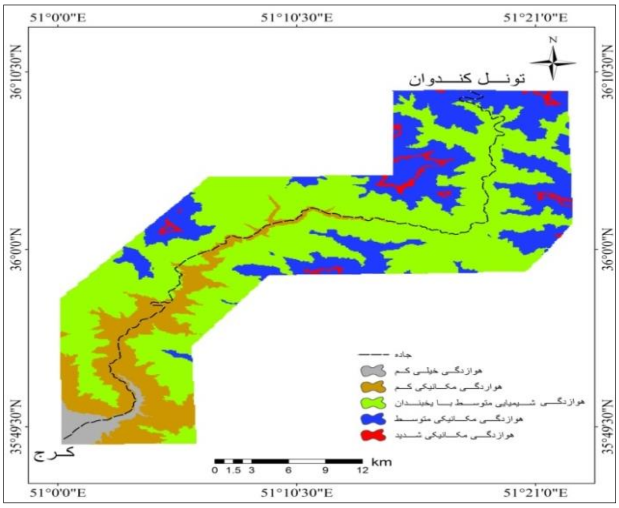
هوازدگی زمانی رخ می‌دهد که سنگ‌های سطحی زمین بر اثر فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و یا بیولوژیکی شکسته می شوند و یا تغییر شکل می‌دهند این عمل می‌تواند به‌وسیله اقلیم، عوامل گیاهی و جانوری صورت گیرد (ریچ[1]،۱۹۵۰). نقشه هوازدگی منطقه با توجه به مدل (نمودار) پلتیر و فرمول ذیل در محیط Raster Calculator ترسیم گردید.

$$x = (T \geq \text{یا} \leq tp + R \geq \text{یا} \leq rp)$$

$$y = \sum(x + \cdots x_n)$$

x = نوع هوازدگی، T= نقشه رستری هم دما، R= نقشه رستری همبارش، rp = حد بارش تعیین شده برای هریک از پهنه‌های هوازدگی براساس مدل (نمودار) پلتیر، tp= حد دمای تعیین شده برای هریک از پهنه‌های هوازدگی براساس مدل (نمودار) پلتیر، y= نقشه پهنه‌های هوازدگی براساس مدل (نمودار) پلتیر؛

1 Reiche



شکل ۹ نقشه پهنه بندی هوازدگی منطقه مورد مطالعه براساس مدل پلتیر

همان‌طور که در شکل۹ دیده می‌شود در منطقه مورد مطالعه که در دامنه‌های جنوبی البرز مرکزی واقع شده است به دلیل قرارگیری در معرض نور خورشید و تحت تأثیر اقلیم خشک فلات داخلی و مرتفع بودن منطقه بیشتر تحت تأثیر قلمرو هوازدگی مکانیکی قرار دارد، و هوازدگی شیمیایی در بخش جنوبی این رشته کوه از جمله منطقه مورد مطالعه به‌صورت هوازدگی شیمیایی متوسط همراه با یخبندان می‌باشد. وجود این فرایندهای هوازدگی به‌ویژه؛ یخبندان و تخریب مکانیکی به همراه عریان بودن سطوح سنگی و دامنه‌های پرشیب (پوشش گیاهی و درختی ناچیز) باعث، درز و شکاف سنگ‌های دامنه‌ای و گسیختگی و ترک در سطح جاده گردیده، (شکل ۱۰).



شکل۱۰ تخریب و گسیختگی سطوح جاده و سنگ‌های دامنه‌ای

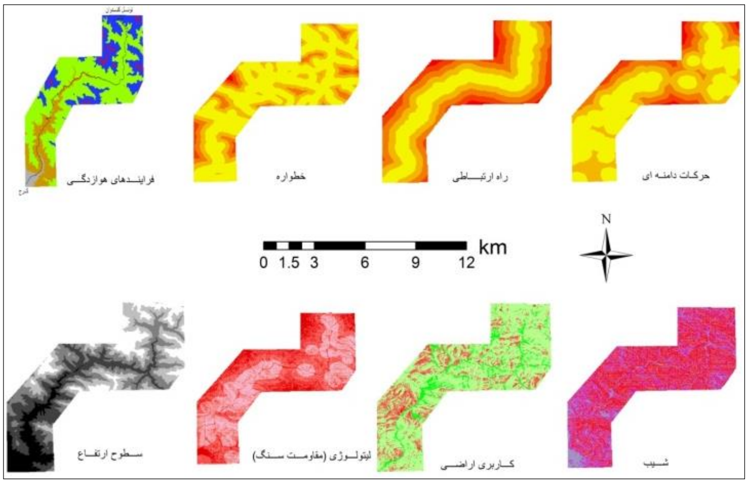
۴. ۳. پیاده‌سازی منطق فازی (Fuzzy Logic) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

در این تحقیق با ارزیابی معیارهای ژئومورفولوژیکی مؤثر در تعیین مخاطرات طبیعی اقدام به تهیه نقشه و ایجاد لایه اطلاعاتی برای هر یک از معیارها در محیط GIS گردید. نقشه‌ها به روش منطق فازی با هم تلفیق شده و پهنه‌های مؤثر جهت تعیین خطر به دست آمد

در مرحله نخست معیارهای مؤثر در پهنه بندی مخاطرات طبیعی منطقه، بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای و داده‌های مورد استفاده استخراج گردید.

فاصله از گسل، آبراهه و رودخانه، راه ارتباطی، لیتولوژی، حرکات دامنه‌ای، کاربری اراضی، شیب، فرایندهای هوازدگی. جهت پیاده‌سازی منطق فازی (Fuzzy Logic) در محیط GIS عملیات ذیل صورت گرفت:

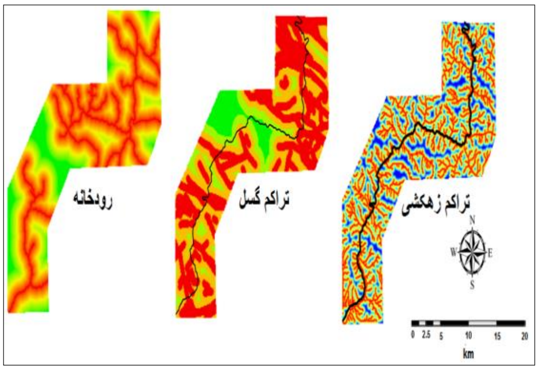
مرحله اول: ابتدا فاصله اقلیدسی معیارها با استفاده از ابزار Distance در تحلیل گر مکانی Spatial Analyst به دست آمد. لایه رقومی هر معیار به صورت جداگانه با اندازه پیکسل ۵۰ استخراج گردیده است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱ فاصله اقلیدسی معیارها

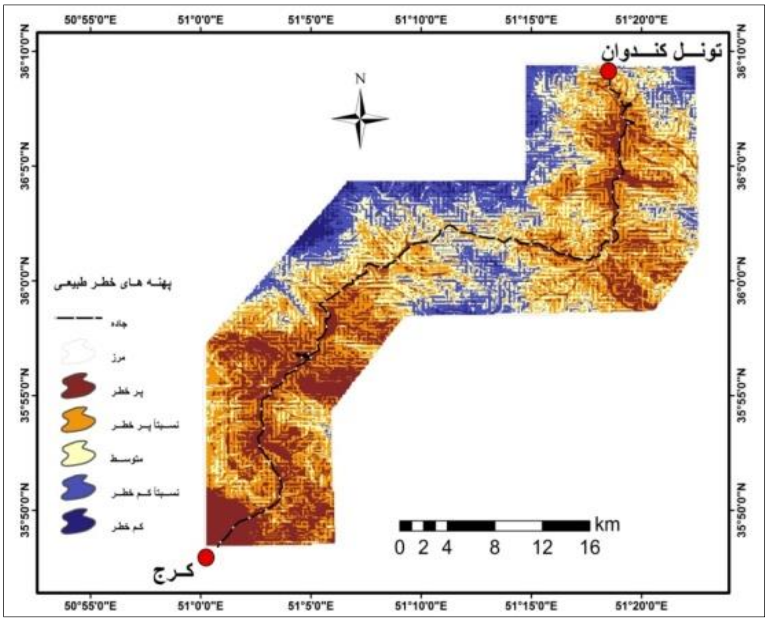
مرحله دوم: یکی از مراحل مهم در منطق فازی، تعریف کردن مقدار عضویت فازی برای هر یک از معیارها می‌باشد. در این مدل، میزان عضویت یک عنصر در یک مجموعه، با مقداری در بازه یک (عضویت کامل) تا صفر (عدم عضویت) تعریف می شود (بونهم- کارتر[1]،۱۹۹۱). بدین منظور از دستور Fuzzy Membership در Arc Toolbox استفاده گردید. در واقع تعریف میزان عضویت فازی، همان استانداردسازی معیارها بوده که یکی از مراحل مهم روش‌های تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) است. برای تعریف عضویت فازی روش‌های گوناگونی از جمله تابع گوسین (Gussian)، S، L و خطی (Linear) وجود دارد که در این تحقیق با توجه به ماهیت خطی (صفر تا یک) معیارها از روش Linear استفاده گردید. به‌عنوان نمونه نقشه‌های حاصل از Fuzzy Membership برای معیارهای تراکم زهکشی، رودخانه و گسل در شکل ۱۲ نشان داده شده است.

1 Bonham-Carter



شکل۱۲ تعریف مقدار عضویت فازی معیارها

مرحله سوم: که در آن همپوشانی فازی (Fuzzy Overlay) صورت می‌گیرد. بدین منظور، لایه‌های رقومی که در مرحله قبل فازی سازی شده است، در این مرحله روی هم گذاشته می‌شود که عملگرهای پنج‌گانه‌ای برای این منظور وجود دارد. در این تحقیق از عملگر جمع (SUM) استفاده شده است.



خطرات طبیعی	درصد
پرخطر	15,34
نسبتاً پرخطر	32,52
متوسط	25,32
نسبتاً کم خطر	18,72
کم خطر	8,09

شکل۱۳ نقشه پهنه‌های خطر حاصل از همپوشانی فازی معیارها

لایه رقومی حا صل از عملیات همپو شانی لایه‌های مؤثر، جهت پهنه بندی مخاطرات طبیعی منطقه در شکل ۱۳ نشان داده شده. بطوریکه هراندازه پیکسل‌ها به رنگ قهوه‌ای نزدیک‌تر شده، مناطق پر خطرتر و بر عکس پیکسل‌های که دارای رنگ آبی بوده پهنه‌های کم خطر و نســبتاً کم خطر را دربر می‌گیرند. نتایج مؤید قرارگیری محور کرج – چالوس در مناطق (پر مخاطره) دارای خطرات طبیعی با پتانسیل بالا است.

۵. نتیجه‌گیری

مطالعه فرایندهای ژئومرفولوژیکی در بسیاری از فعالیت‌های مهندسی مربوط به احداث جاده‌ها، پل‌ها، سدها، و ساختمان‌ها اهمیت اساسی دارد. این‌گونه سازه‌ها باید در مکانی بنا شوند که زمین به قدر کافی پایدار باشد، یا تدابیر راهبردی لازم از قبل اندیشیده شود تا با ارائه توصیه‌ای اجرایی، اقدامات و برنامه‌ریزی‌های مناسب از خطرات جانی و مالی احتمالی جلوگیری کنند. محور ارتباطی کرج - چالوس از واحدهای ژئومورفولوژیکی متنوعی عبور می‌کند، که در هر کدام از این واحدها عوامل مورفوژنز و مورفودینامیک از شدت و فعالیت خاصی برخوردارند، به همین دلیل شناسایی و ارزیابی پدیده‌های ژئومورفولوژیک از جمله اقدامات اساسی و پایه‌ای قبل از هرگونه اقدام برای عمران و جاده سازی است. لذا اصلاح، مرمت، توسعه و تعریض جاده کرج – چالوس که از نقاط صعب‌العبور و دامنه‌های پرشیب کوهستانی عبور نموده است، مسأله آفرین می‌باشد؛ زیرا در اکثر نقاط از یک سمت مشرف به دره عمیق و از طرف دیگر به دیوارهٔ تند و پرشیب متصل می‌باشد و هرگونه دستکاری بدون مطالعه اولیه، منجر به ناپایداری دامنه‌ها می‌شود. با توجه به یافته‌های تحقیق و شکل‌های ۴ تا ۱۰ عمده‌ترین عوامل مورفولوژیک فعال در منطقه، گسل‌ها، عملکرد رواناب‌های سطحی، هوازدگی (مکانیکی و شیمیایی همراه با یخبندان)، حرکات دامنه‌ای (بهمن، لغزش، واریزه‌ها و ریزش...)، مورفوژنز آنتروپیک نقش اساسی را در تهدید و تخریب جاده‌ها ایفا می‌کنند. همچنین یافته‌های این تحقیق مستند به شکل ۱۳ نشان دهنده مخاطره‌آمیز بودن کل مسیر ارتباطی کرج – چالوس است. اهمیت دانش ژئومورفولوژی (پیکر شناسی زمین) در مطالعهٔ ناهمواری‌ها، عوارض سطحی و شناسایی فرایندهای تشکیل دهندهٔ آن‌ها از جمله، مشخص کردن روند آتی آنهاست و توانایی این دانش را در قلمرو علوم زمینی برای حل معضلات محیطی و کمک به مدیران برنامه‌ریزی محیطی نشان می‌دهد، همچنین توجه به فرایندهای ژئومورفولوژیکی و ارائه راهکارهای اساسی (از سوی ژئومورفولوژیست ها) را در مهندسی راهسازی و برنامه‌ریزی‌های آمایش سرزمین در مناطق مشابه تبیین می‌کند، جدول (۱). با توجه به یافته‌های پژوهش، پیشنهادهای زیر ارائه می‌گردد:

شناسایی کانون‌های زلزله که خود مستلزم شناخت کافی از خواص فیزیکی و رفتار مکانیکی گسل‌ها می‌باشد؛ ایجاد دیوارهای سنگی و بتنی در قسمت‌های کناری رودخانه‌ها که در آن‌ها فرسایش کناری صورت می‌گیرد، برای جاده‌های که از تراس‌های رودخانه‌ای عبور می‌کنند؛ ساخت سقف‌ها و تونل‌های بتونی برای جاده‌ها در مناطق بهمن خیز و بهمن‌گیر و تغییر شرایط محیطی به منظور جلوگیری و شروع بهمن همچنین خنثی نمودن هر عاملی که به‌عنوان محرک بهمن به شمار می‌آید؛ نصب شبکه تورهای فلزی بر روی دامنه‌های ناپایدار برای جلوگیری از جریانات واریزه‌ای و ریزش‌های سنگی در مسیر جاده‌ها، پلکانی کردن شیب یکی از راه‌های پایدارسازی دامنه‌ها برای مقابله با حرکات دامنه‌ای؛ ایجاد شبکه زهکشی مناسب در کنار جاده‌ها برای خارج شدن آب‌های متمرکز یافته حاصل از بارش‌ها که منجر به تخریب و زیرکنی جاده و دیواره‌های حائل کنار آن می‌شود؛ مطالعات شرایط اقلیمی در ارتباط با هوازدگی، یخبندان و ذوب، حرکات دامنه‌ای، شستشوی سطوح جاده و دامنه‌ها، نیازمند اطلاعات ثبت شده مربوط

به، دما، بارش، رطوبت نسبی و میزان ابرناکی است. این پارامترها معمولاً در ایستگاه‌های سینوپتیک اندازه‌گیری می‌شود که در منطقه وجود ندارد و نیاز به احداث چنین ایستگاه‌هایی احساس می‌شود؛ فعالیت‌های بشری در منطقه بخصوص ساخت‌وسازها متناسب با پهنه بندی خطر تعریف شده در نقشه پهنه بندی مخاطرات باشد، که در خیلی از موارد رعایت نشده است.

جدول ۱ مراحل بررسی‌های ژئومورفولوژیک خطوط ارتباطی

مراحل بررسی های ژئومورفولوژیک خطوط ارتباطی			
۱- نقش قلمروهای مورفوکلیمای جاده(عرض های جغرافیایی) دینامیک	انواع قلمروها	پدیده های ژئومورفولوژیکی(فرم ها)	فرایندها
	یخچالی	شکل، فیوردها Vسیرک، یخچال های طبیعی، دره های	انجماد و ذوب، حرکات مواد جامد
	مجاوریخچالی	سولی فلوکسیون، بهمن، واریزه ها، دامنه های پرشیب	هوازدگی مکانیکی، فرسایش فیزیکی، فعالیت
	توندرا/ تایگاه	پلیگون ها ، دامنه ها با شیب متفاوت.....	انجماد، هوازدیگی فیزیکی و شیمیایی
	عرض های معتدله	کارست ، فرسایش آبی و بادی	انحلال، انواع هوازدگی
	حاره ای	آلتریت ها، دامنه های متعادل	انحلال، انواع بیوشیمیایی
	ساوان	هرزآبها ، اشکال بادی	انواع هوازدگی
	بیابان	فرسایش آبهای جاری، برخان ها	فرسایش آبی، بادی
	قلمروهای خاص(ساحل)	فرسایش املاح، رطوبت، دریابار،ماسه های ساحلی	فرایندهای ساحلی(آبی، بادی)
۲- تعیین طبقات اقلیمی مسیر جاده(ارتفاع) دینامیک	قلمروهای خاص(کوهستان)	لغزس، ریزش، خزش، مجاری آب	فرایندهای(ثقلی و شیبی، آبهای جاری)
	کوهستانی مرتفع	شکل، دامنه های پرشیب، قله ها، بهمنVسیرک ها، دره های	یخچالی، ریزش ها، آبهای جاری، باد
	کوهپایه ای	گلاسی، مخروطه افکنه	آبهای جاری، تراکم مواد
	دشت	تراس ها، شبکه آبها، دلتا ها،تلماسه ها	تراکم ، شبکه آبها
۳-ویژگی های زمین محل عبور جاده	ساختمانی (دینامیک درونی)	جنس زمین، ضخمات لایه ها، بافت مواد، ریسمان، درزها و شکاف ها، چین خورده، شکسته، چین خورده، شکسته، شیب طبقات، مواد مقاوم	نقشه زمین شناسی
	مورفولوژیک (دینامیک بیرونی)	لغزش، ریزش،خزش، بهمن، نشست و جابجایی، نفوذپذیری- استحکام، شبکه آبها	ناپایداری و پایداری
۴- ویژگی های هیدرولوژیک زمین محل عبور جاده	شکل تراکم پذیری		
	ضرایب شکل حوضه		
	حداکثر لحظه ای		
	شیب حوضه		
	زمان تمرکز		
	طول جریان سطحی		
تولید نقشه ژئومورفولوژی کاربردی براساس نتایج بدست آمده از مراحل بالا و در نهایت مشورت با			مهندسی راه و ساختمان
			مهندسی عمران
			کارشناسان اقتصادی
			کارشناسان سیاسی
			کارشناسان اجتماعی / سیاسی

کتابنامه

احمدی، حسن؛ ۱۳۶۷. ژئومورفولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه تهران.

باقدم، عثمان؛ ۱۳۸۲. ارزیابی ایمنی جاده‌ای با رویکرد مخاطرات محیطی با استفاده از GIS در مسیر سنندج – مریوان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا. استاد راهنما: منوچهر فرج زاده، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

برنا، ر ضا؛ ۱۳۸۴. شرایط آب و هوایی مؤثر بر ایمنی و حمل‌ونقل جاده‌ای محور کرج – چالوس. پایان‌نامه کار شنا سی ار شد جغرافیایی طبیعی (گرایش آب و هواشناسی در برنامه‌ریزی محیطی). دانشکده جغرافیایی دانشگاه تهران.

برنا، رضـا؛ واحدپور، غلامعباس؛ ۱۳۹۰. بررسـی نقش مدیریت مخاطرات طبیعی در کنترل سـوانح جاده‌ای مورد مطالعه: محور کرج – چالوس. فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای. سال اول. شماره ۳. صص ۹۲ – ۸۱

بلادپس، علی؛ ۱۳۸۶. طرح تحقیقاتی. عوامل مورفوژنز تهدیدکننده جاده‌ها. دانشگاه آزاد اسلامی.

بلادپس، علی؛ ۱۳۸۲. تحلیلی بر ژئومورفولوژی جریان‌های واریزه‌ای منطقه ماکو. فصـــلنامه تحقیقات جغرافیایی. شـــمارهٔ ۶۸. صص۱۲۷– ۱۱۴.

بی‌نام؛ ۱۳۸۳. نیمی از ایران لرزید. روزنامهٔ ایران. ۹ خرداد. صفحهٔ اول.

جعفرخالو، مرتضی؛ ۱۳۸۶. پهنه بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها در محدوده جاده چالوس (حدفا صل کرج – گچ سر). پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس.

خلیل نعمت، جمشـیدی؛ ۱۳۷۵. ژئومورفولوژی منطقه بهمن خیز جاده کرج – چالوس (سـد امیرکبیر تا سـیا بیشـه) با تأکید بر حرکات دامنه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیایی طبیعی (گرایش ژئومورفولوژی). دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی تهران.

رجائی، عبدالحمید؛ ۱۳۸۲. کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط. انتشارات قومس. صص ۲۹۵–۳۴۳.

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح؛ ۱۳۹۱. نقشه توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ برگه کرج. گاجره. آسارا.

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح؛ ۲۰۱۰. تصاویر ماهوارهٔ P5 منطقه کرج چالوس.

سازمان زمین‌شناسی کشور؛ ۱۳۹۱. نقشه زمین‌شناسی مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ برگه تهران. مرزن آباد.

شایان، سیاوش؛ ۱۳۸۱. کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای. جزوه در سی کلا سی. دانشگاه تهران. گروه جغرافیا.

شهرابی، مصطفی؛ ۱۳۸۲. زمین‌شناسی در مسیر جاده کرج – چالوس. نشریه جغرافیا « رشد آموزش زمین‌شناسی « شماره ۳۶. (ص۷ – از ۲۹ تا ۳۵).

شـیرزادی، عطااله؛ ۱۳۶۸. پهنه بندی خطر حرکت‌های توده‌ای (ریزش سـنگ) در طول جاده‌های کوهسـتانی با اسـتفاده از ارائه مدل منطقه‌ای (مطالعه موردی: کردسـتان. گردنه صـلوات آباد). به راهنمایی کریم سـلیمانی و محمود حبیب نژاد. پایان‌نامه (کارشناسی ارشد). دانشگاه مازندران. دانشکده منابع طبیعی.

عبدالحمید رجائی؛ ۱۳۸۰. تحلیل برخی از حوادث مختل‌کنندهٔ محیط از دیدگاه جغرافیای طبیعی. فضـای جغرافیایی. شـماره ۲. (۲۶ص –۱۱ تا ۳۶).

علایی طالقان، محمود؛ ۱۳۸۷. ژئومورفولوژی ایران. انتشارات قومس.

قا ضی پور، ندا. علی ارومیه‌ای. ایمان انتظام. فرهاد ان صاری. مرت ضی پیروز؛ ۱۳۸۶. ا ستفاده از نظریه مخروط افت در ارزیابی خطر سنگ ریزش در م‌سیر جاده چالوس (پل زنگوله مرزن آباد). مجله علوم زمین، سال هفدهم. شماره ۶۶. (۱۰ ص – ۱۶۰ تا ۱۶۹).

کوشـــکی، ابوذر؛ ۱۳۸۵. مخاطرات محیطی جاده خرم آباد – پلدختر با تأکید بر ژئومورفولوژی، به راهنمایی عزت‌الله قنواتی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. دانشکده ادبیات.

مختاری، داوود؛ ۱۳۸۱. عوامل ژئومورفولوژیکی فعال در م‌سیر آزاد راه تبریز – مرند و راه‌های مقابله با آن. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. دانشگاه آزاد اسلامی مرند.

Baillifard, F., Jaboyedoff, M., & Sartori, M. (2003). Rockfall hazard mapping along a mountainous road in Switzerland using a GIS-based parameter rating approach. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *3*, 431-438.

Bonham-Carter, G.F. (1991), Integration of geoscientific data using GIS. Volume 5, Issue 2, pp 117–130.

Bhattarai, P., Tiwari, B., Marui, H., & Aoyama, K. (2004). Use of soil properties on preliminary slope stability mapping and prioritization of potential failures along Prithiwi Highway, Nepal. *Geo Technical Engineering*, *3*(1), 2-9.

Cova, T. J., & Conger, S. (2004). Transportation hazard. In M. Kutz (Ed.), *Transportation engineering.* New York: McGraw Hill,.17.(1):17.24.

Hearn, G. J. (Scott Wilson Kirkpatrick and Co Ltd) and et al. (2000). Geomorphological processes in Eastern Nepal as a basis for road design, Department for international development, pp 451.

Jean-Marc, T., & Eric, M. (2012). Analysis of importance of road networks exposed to natural hazards, International Conference on Geographic Information Science, Avignon, April, 24-27.

Keiler, M., Knight, J., & Harrison, S. (2010). Climate change and geomorphological hazards in the Eastern European Alps. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 368, 2461-2479.